

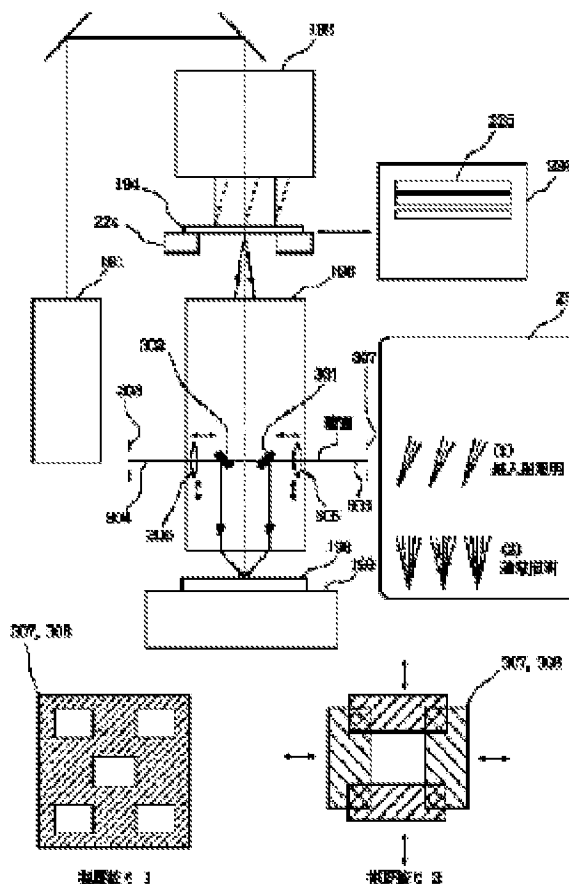
EXPOSURE METHOD AND MANUFACTURE OF ALIGNER

Patent number: JP2000021720
Publication date: 2000-01-21
Inventor: SAITO KENJI
Applicant: CANON KK
Classification:
- international: **G03F7/20; G03F7/20;** (IPC1-7): H01L21/027; G03F7/20
- european: G03F7/20T18
Application number: JP19980184238 19980630
Priority number(s): JP19980184238 19980630

Report a data error here

Abstract of JP2000021720

PROBLEM TO BE SOLVED: To operate double exposure in a short time. **SOLUTION:** An optical system for interference exposure is set in a projection aligner. This optical system is provided with a pair of small deflecting members 301 and 302 on the pupillary face of a projection optical system 196, and two laser beams are made incident through the pair of deflecting members 301 and 302 to the optical system at a wafer side from the pupillary face of the projection optical system, and the two laser beams are made to interfere on a wafer 198 by this optical system.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-21720

(P2000-21720A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 4 A 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 2	G 0 3 F 7/20	5 0 2 5 F 0 4 6
	5 2 1		5 2 1
		H 0 1 L 21/30	5 1 5 B
			5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-184238

(22) 出願日 平成10年6月30日 (1998.6.30)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 斉藤 謙治

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(74) 代理人 100069877

弁理士 丸島 儀一

Fターム (参考) 2H097 AA11 BA06 BB01 CA17 JA03

LA10 LA12

5F046 AA02 AA05 AA25 BA04 BA05

BA08 CA04 CB02 CB05 CB07

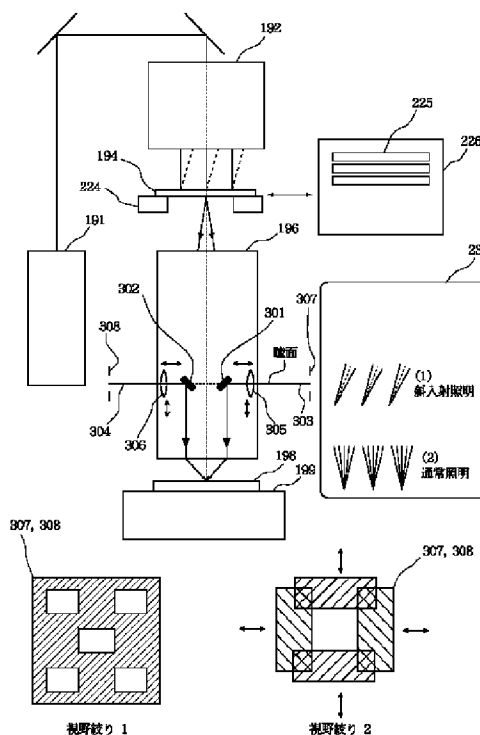
CB10 CB12 DA02

(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 二重露光を短時間でこなう。

【解決手段】 投影露光装置に干渉露光用光学系を設置する。この光学系は投影光学系196の瞳面に一對の小さな偏向部材301、302を有し、該一對の偏向部材301、302を介して、前記投影光学系の、前記瞳面よりも前記ウエハ側にある光学系に二つのレーザー光を入射させ、この光学系によりこの二つのレーザー光をウエハ198上で干渉させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクのパターンをウエハ上に投影して投影露光を行なう露光装置において、複数の光束をウエハ上で干渉させて干渉露光を行なう光学系を設けたことを特徴とする露光装置。

【請求項2】 前記干渉露光を行なう光学系は、前記投影露光に用いる投影光学系の瞳面又はその近傍に一对の偏向部材を有し、該一对の偏向部材を介して、前記投影光学系の、前記瞳面よりも前記ウエハ側にある光学系に二つのレーザー光を入射させ、この光学系によりこの二つのレーザー光をウエハ上で干渉させることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】 前記干渉露光を行なう光学系は、前記一对の偏向部材上又はその近傍に対応するレーザー光を一旦集光（結像）させることを特徴とする請求項2に記載の露光装置。

【請求項4】 前記一对の偏向部材を前記瞳面に沿って移動可能に配置したことを特徴とする請求項3に記載の露光装置。

【請求項5】 前記一对の偏向部材を前記瞳面又はその近傍の位置に着脱可能に配置した特徴とする請求項3、4に記載の露光装置。

【請求項6】 前記二つのレーザー光のそれぞれの光路中であって前記瞳面よりも前記ウエハ側にある光学系を介して前記ウエハと光学的に共役な位置に視野絞りを配置して、この視野絞りによってウエハ上の所望の領域のみに干渉縞を形成する特徴とする請求項3に記載の露光装置。

【請求項7】 前記視野絞りの開口位置及び／又は開口寸法を可変としたことを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

【請求項8】 前記瞳面での有効光源（二次光源像）から外れたところに前記一对の偏向部材を配置することを特徴とする請求項2に記載の露光装置。

【請求項9】 前記有効光源が4重極タイプの光源であることを特徴とする請求項8に記載の露光装置。

【請求項10】 前記一对の偏向部材はそれぞれ、鏡、半透過鏡、プリズム等により構成されることを特徴とする請求項2に記載の露光装置。

【請求項11】 同一ウエハに対して前記投影露光と前記干渉露光を途中で現像を行なわないで順次行なう露光モードを有することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項12】 同一ウエハに対して前記投影露光と前記干渉露光とを同時に行なう露光モードを有することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項13】 前記投影露光の露光光の波長と前記干渉露光の露光光の波長とが互いに同じであることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項14】 前記各露光光が、KrFエキシマレー

ザー、ArFエキシマレーザー、又はF2エキシマレーザーから供給されることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項15】 前記投影露光に用いる投影光学系は屈折系、反射－屈折系、又は反射系より成ること特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項16】 同一ウエハに対して前記投影露光と前記干渉露光を行なう時の夫々の露光量を設定する手段を有することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項17】 請求項1乃至請求項16のいずれかの露光装置によりデバイスパターンでウエハを露光する段階と、露光されたウエハを現像する段階とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置及びデバイス製造方法に関し、特に微細な回路パターンで感光基板上に露光する露光装置及びデバイス製造方法に関する。本発明の露光装置は、例えば、IC、LSI等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD等の撮像素子といった各種デバイスの製造に用いられる。

【0002】

【従来の技術】従来より、IC、LSI、液晶パネル等のデバイスをフォトリソグラフィ技術を用いて製造するには、フォトマスク又はレチクル等（以下、「マスク」と記す。）の回路パターンを投影光学系によってフォトレジスト等が塗布されたシリコンウエハ又はガラスプレート等（以下、「ウエハ」と記す。）の感光基板上に投影し、そこに転写する（露光する）投影露光方法及び投影露光装置が使用されている。

【0003】上記デバイスの高集積化に対応して、ウエハに転写するパターンの微細化即ち高解像度化とウエハにおける1チップの大面积化とが要求されており、従ってウエハに対する微細加工技術の中心を成す上記投影露光方法及び投影露光装置においても、現在、 $0.5\mu\text{m}$ 以下の寸法（線幅）の像を広範囲に形成するべく、解像度と露光面積の向上が計られている。

【0004】従来の投影露光装置の模式図を図18に示す。図18中、191は遠紫外線露光光源であるエキシマレーザ、192は照明光学系、193は照明光、194はマスク、195はマスク194から出て光学系196に入射する物体側露光光、196は縮小投影光学系、197は光学系196から出て基板198に入射する像側露光光、198は感光基板であるウエハ、199は感光基板を保持する基板ステージを、示す。

【0005】エキシマレーザ191から出射したレーザー光は、引き回し光学系によって照明光学系192に導光され、照明光学系192により所定の光強度分布、配光分布、開き角（開口数NA）等を持つ照明光193となるよ

うに調整され、マスク194を照明する。マスク194にはウエハ198上に形成する微細パターンを投影光学系196の投影倍率の逆数倍（例えば2倍や4倍や5倍）した寸法のパターンがクロム等によって石英基板上に形成されており、照明光193はマスク194の微細パターンによって透過回折され、物体側露光光195となる。投影光学系196は、物体側露光光195を、マスク194の微細パターンを上記投影倍率で且つ充分小さな収差でウエハ198上に結像する像側露光光197に変換する。像側露光光197は図19の下部の拡大図に示されるように、所定の開口数NA（ $=\sin \theta$ ）でウエハ198上に収束し、ウエハ198上に微細パターンの像を結ぶ。基板ステージ199は、ウエハ198の互いに異なる複数の領域（ショット領域：1個又は複数のチップとなる領域）に順次微細パターンを形成する場合に、投影光学系の像平面に沿ってステップ移動することによりウエハ198の投影光学系196に対する位置を変える。

【0006】しかしながら、現在主流の上記のエキシマレーザを光源とする投影露光装置は、 $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成することが困難である。

【0007】投影光学系196は、露光（に用いる）波長に起因する光学的な解像度と焦点深度との間のトレードオフによる解像度の限界がある。投影露光装置による解像パターンの解像度Rと焦点深度DOFは、次の(1)式と(2)式の如きレーリーの式によって表される。

【0008】

$$R = k_1 (\lambda / \text{NA}) \quad \dots\dots (1)$$

$$\text{DOF} = k_2 (\lambda / \text{NA}^2) \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、NAは投影光学系196の明るさを表す像側の開口数、 k_1 、 k_2 はウエハ198の現像プロセス特性等によって決まる定数であり、通常0.5～0.7程度の値である。この(1)式と(2)式から、解像度Rを小さい値とする高解像度化には開口数NAを大きくする「高NA化」があるが、実際の露光では投影光学系196の焦点深度DOFをある程度以上の値にする必要があるため、高NA化をある程度以上進めることは不可能となることと、高解像度化には結局露光波長 λ を小さくする「短波長化」が必要となることが分かる。

【0009】ところが短波長化を進めていくと重大な問題が発生する。この問題とは投影光学系196のレンズの硝材がなくなってしまうことである。殆どの硝材の透過率は遠紫外線領域では0に近く、特別な製造方法を用いて露光装置用（露光波長約248nm）に製造された硝材として熔融石英が現存するが、この熔融石英の透過率も波長193nm以下の露光波長に対しては急激に低下するし、 $0.15\mu\text{m}$ 以下の微細パターンに対応する露光波長150nm以下の領域では実用的な硝材の開発は非常に困難である。また遠紫外線領域で使用される硝材は、透過率以外にも、耐久性、屈折率均一性、光学的歪み、加工性等の複数条件を満たす必要があり、このことから、実用的な硝材の存在が危ぶまれている。

【0010】このように従来の投影露光方法及び投影露光装置では、ウエハ198に $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成する為には150nm程度以下まで露光波長の短波長化が必要であるのに対し、この波長領域では実用的な硝材が存在しないので、ウエハ198に $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成することができなかった。

【0011】米国特許第5,415,835号公報は2光束干渉露光によって微細パターンを形成する技術を開示しており、2光束干渉露光によれば、ウエハに $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成することができる。

【0012】2光束干渉露光の原理を図14を用いて説明する。2光束干渉露光は、レーザ151からの可干渉性を有し且つ平行光線束であるレーザ光をハーフミラー152によって2光束に分割し、2光束を夫々平面ミラー153によって反射することにより2個のレーザ光（可干渉性平行光線束）を0より大きく90度未満のある角度を成して交差させることにより交差部分に干渉縞を形成し、この干渉縞（の光強度分布）によってウエハ154を露光して感光させることで干渉縞の光強度分布に応じた微細な周期パターンをウエハに形成するものである。

【0013】2光束がウエハ面の立てた垂線に対して互いに逆方向に同じ角度だけ傾いた状態でウエハ面で交差する場合、この2光束干渉露光における解像度Rは次の(3)式で表される。

【0014】

$$R = \lambda / (4 \sin \theta)$$

$$= \lambda / 4 \text{NA}$$

$$= 0.25 (\lambda / \text{NA}) \quad \dots\dots (3)$$

ここで、RはL&S(ライン・アンド・スペース)の夫々の幅即ち干渉縞の明部と暗部の夫々の幅を、 θ は2光束の夫々の像面に対する入射角度（絶対値）を表し、 $\text{NA}=\sin \theta$ である。

【0015】通常の投影露光における解像度の式である(1)式と2光束干渉露光における解像度の式である(3)式とを比較すると、2光束干渉露光の解像度Rは(1)式において $k_1 = 0.25$ とした場合に相当するから、2光束干渉露光では $k_1 = 0.5 \sim 0.7$ である通常の投影露光の解像度より2倍以上の解像度を得ることが可能である。上記米国特許には開示されていないが、例えば $\lambda = 0.248\text{nm}$ （KrFエキシマ）で $\text{NA} = 0.6$ の時は、 $R = 0.10\mu\text{m}$ が得られる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら2光束干渉露光は、基本的に干渉縞の光強度分布（露光量分布）に相当する単純な縞パターンしか得られないので、所望の形状の回路パターンをウエハに形成することができない。

【0017】そこで上記米国特許第5,415,835号公報は、2光束干渉露光によって単純な縞パターン（周期パターン）即ち2値的な露光量分布をウエハ（のレジス

ト)に与えた後、露光装置の分解能の範囲内の大きさのある開口が形成されたマスクを用いて通常リソグラフィ（露光）を行なって更に別の2値的な露光量分布をウエハに与えることにより、孤立の線（パターン）を得ることを提案している。

【0018】しかしながら上記米国特許第5,415,835号公報の露光方法では、2台の露光装置の一方の露光装置によりウエハに対して2光束干渉露光を行なった後に、このウエハを他方の露光装置に取り付けてマスクパターンによる通常の露光を行っており、二重露光を行なうために長い時間を必要としている。

【0019】そこで本発明の目的は、多重露光（二以上の露光の重ね合わせ）を短時間で行なえる露光装置とデバイスの製造方法を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の露光装置は、マスクのパターンをウエハ上に投影して投影露光を行なう露光装置において、複数の光束をウエハ上で干渉させて干渉露光を行なう光学系を設けたことを特徴とする露光装置。

【0021】上記干渉露光を行なう光学系には、前記投影露光に用いる投影光学系の瞳面（開口絞りの開口）又はその近傍に一对の小さな偏向部材を有し、該一对の偏向部材を介して、前記投影光学系の、前記瞳面よりも前記ウエハ側にある光学系に二つのレーザー光を入射させ、この光学系によりこの二つのレーザー光をウエハ上で干渉させる形態がある。この形態では、通常、前記一对の偏向部材上又はその近傍に対応するレーザー光を一旦集光（結像）させる構成が採られる。

【0022】さらに、前記一对の偏向部材を前記瞳面に沿って移動可能に配置したり、前記一对の偏向部材を前記瞳面又はその近傍の位置に着脱可能に配置したりする形態もある。

【0023】さらに、前記二つのレーザー光のそれぞれの光路中であって前記瞳面よりも前記ウエハ側にある光学系を介して前記ウエハと光学的に共役な位置に視野絞りを配置して、この視野絞りによってウエハ上の所望の領域のみに干渉縞を形成することができる形態もある。また、この視野絞りの開口位置と開口寸法を可変とする形態もある。

【0024】さらに、前記瞳面での有効光源（二次光源像）から外れたところに前記一对の偏向部材を配置する形態もある。

【0025】尚、前記一对の偏向部材はそれぞれ、鏡、半透過鏡、プリズム等により構成される。

【0026】同一ウエハに対して前記投影露光と前記干渉露光を途中で現像を行なわないで順次行なう露光モードを有する形態がある。

【0027】同一ウエハに対して前記投影露光と前記干渉露光とを同時に行なう露光モードを有する形態があ

る。

【0028】同一ウエハに対して前記投影露光と前記干渉露光を行なう時の夫々の露光量を設定する手段を有する形態がある。

【0029】前記投影露光の露光光の波長と前記干渉露光の露光光の波長とが互いに同じ形態がある。

【0030】前記各露光光が、KrF（波長約248nm）エキシマレーザー、ArF（波長約193nm）エキシマレーザー、又はF2（波長約157nm）エキシマレーザーから供給される形態がある。

【0031】前記投影露光に用いる投影光学系は屈折系、反射-屈折系、又は反射系より成り、特にF2（波長約157nm）エキシマレーザーを用いる場合は、反射-屈折系又は反射系より成る投影光学系とするといいい。

【0032】本発明によれば、上記の露光装置のいずれかによりデバイスパターンでウエハを露光する段階と、露光されたウエハを現像する段階とを有することを特徴とするデバイス製造方法も提供できる。

【0033】

【発明の実施の形態】図19は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略図である。

【0034】図19において、干渉露光用の光学系の構成要素301-308を除く部分の構成は図18の装置と同じであるので、この部分の説明は省略する。

【0035】図19において、301、302は小さな偏向部材であり、鏡、半透過鏡、プリズム等で構成される。また、各偏向部材301、302は図中矢印で示す通り光学系196の光軸と直交する方向即ち瞳面（開口絞りの開口）に沿って可動であり、瞳面の異なる位置に設定することができると共に必要に応じて光学系196の結像光束の光路外に退避させることもできる。

【0036】303、304は平行なレーザー光であり、エキシマレーザー191又は他のレーザーから出たレーザー光を付図示のビームスプリッターによって分割することにより形成される。ここで、使用するレーザーとしては、KrF（波長約248nm）エキシマレーザー、ArF（波長約193nm）エキシマレーザー、又はF2（波長約157nm）エキシマレーザー等がある。

【0037】305、306は集光レンズであり、平行なレーザー光303、304を焦点位置に集光して光スポットを形成する。又、このレンズ305、306は偏向部材301、302と一体的に瞳面に沿って移動したり、或いは偏向部材301、302とは独立して光学系196の光軸方向（図の上下方向）に移動したりするように構成できる。このような構成を採ると、瞳面における2つの光スポット（光学系196の光軸に関して対称配置）の位置を変えてウエハ198に形成する干渉縞の周期を変化させることができる。

【0038】尚、上記の焦点位置は偏向部材301、302上又はその近傍ある。偏向部材301、302は瞳

面位置以外にも瞳面の近傍の所望の位置に配置できる。

【0039】307、308は視野絞りであり、ウエハ198と光学的に共役な位置に置かれて、ウエハ198のショット領域において2光束干渉により干渉縞を形成する領域を規定するものである。視野絞り307、308は例えば図中の「視野絞り1」又は「視野絞り2」が置かれる。視野絞り2は4枚の可動の遮光部材を備えるものである。

【0040】このような構成において、偏向部材301、302上又はその近傍に集光されたレーザー光は発散しながら投影光学系196の（瞳面に対し）ウエハ198側の不図示の光学系に入射し、この光学系により平行光あるいは他の状態の光に変換され、夫々所定の角度でウエハ198に斜め入射して互いに重なりあつてウエハ198上に干渉縞を形成する。

【0041】本実施形態によれば、このように干渉露光を行なう光学系が投影露光装置に設置され、投影露光と干渉露光を同時に行なったり、一方の露光から他方の露光へ短時間で切り替えることができるので、ウエハに対して投影露光と干渉露光を含む二重露光や三回以上の露光の重ね合わせ等より成る多重露光を短時間でこなえる。

【0042】本実施形態において、投影光学系196はレンズだけから成る屈折系に限らず、反射-屈折系又は反射系とすることができる。特に波長約157nmのF2エキシマレーザーを用いる場合は、反射-屈折系又は反射系より成る投影光学系とするといいい。

【0043】図19において、226はレチクルチェンジャーであり、225はチェンジャー内のレチクルである。230で示しているのは、照明光学系192により選択できる照明方式の一例を示しており、斜入射照明光を形成する場合には、照明光学系の開口絞りとして、特開平4-267515号公報に記載があるような光軸外に4つの開口を持ち光軸上は遮光される絞りをを用いることができる。このような絞りをを用いると、光学系192の瞳面に4重極タイプの有効光源（二次光源像）ができるが、偏向部材301、302をこの有効光源の領域から外れたところに配置すると好ましい。

【0044】尚、当然のことながら、本実施形態の投影露光装置は投影露光と干渉露光のそれぞれにおける露光量を設定する手段を搭載しており、ステップアンドリピート方式やステップアンドスキャン方式でウエハ198の多数個のショット領域を露光するものである。

【0045】本実施形態の投影露光装置を用いて投影露光と干渉露光による二重露光を行なう場合、例えば前述の米国特許に開示されているような二重露光や特願平10-45415号に示された二重露光、或いは以下に述べるような二重露光を行なうことができる。

【0046】図1乃至図9を用いて二重露光の一実施形態を説明する。

【0047】図1は本発明の露光方法を示すフローチャートである。図1には本発明の露光方法を構成する周期パターン露光ステップ、投影露光ステップ（通常露光ステップ）、現像ステップの各ブロックとその流れが示してあるが、周期パターン露光ステップと投影露光ステップの順序は、図1の逆でもいいし、どちらか一方のステップが複数回の露光段階を含む場合は各ステップを交互に行うことも可能である。また、各露光ステップ間には精密な位置合わせを行なうステップ等があるが、ここでは図示を略した。又、周期パターン露光ステップは例えば2光束干渉露光によって行なわれる。

【0048】図1のフローに従って露光を行なう場合、まず周期パターン露光によりウエハ（感光基板）を図2に示すような周期パターンで露光する。図2中の数字は露光量を表しており、図2（a）の斜線部は露光量1（実際は任意）で白色部は露光量0である。

【0049】このような周期パターンのみを露光後現像する場合、通常、感光基板のレジストの露光しきい値 E_{th} は図2（b）の下部のグラフに示す通り露光量0と1の間に設定する。尚、図2（b）の上部は最終的に得られるリソグラフィーパターン（凹凸パターン）を示している。

【0050】図3に、この場合の感光基板のレジストに関して、現像後の膜厚の露光量依存性と露光しきい値とをポジ型レジスト（以下、「ポジ型」と記す。）とネガ型レジスト（以下、「ネガ型」と記す。）の各々について示してあり、ポジ型の場合は露光しきい値以上の場合に、ネガ型の場合は露光しきい値以下の場合に、現像後の膜厚が0となる。

【0051】図4はこのような露光を行った場合の現像とエッチングプロセスを経てリソグラフィーパターンが形成される様子を、ネガ型とポジ型の場合に関して示した模式図である。

【0052】本実施形態においては、この通常の露光感度設定とは異なり、図5（図2（A）と同じ図面）及び図6に示す通り、周期パターン露光（2光束干渉露光）での最大露光量を1とした時、感光基板のレジストの露光しきい値 E_{th} を1よりも大きく設定する。この感光基板は図2に示す周期パターン露光のみ行った露光パターン（露光量分布）を現像した場合は露光量が不足するので、多少の膜厚変動はあるものの現像によって膜厚が0となる部分は生じず、エッチングによってリソグラフィーパターンは形成されない。これは即ち周期パターンの消失と見做すことができる（尚、ここではネガ型を用いた場合の例を用いて本発明の説明を行うが、本発明はポジ型の場合でも実施できる。）。尚、図6において、上部はリソグラフィーパターンを示し（何もできない）、下部のグラフは露光量分布と露光しきい値の関係を示す。尚、下部に記載の E_1 は周期パターン露光における露光量を、 E_2 は通常の投影露光における露光量を

表わしている。

【0053】本実施形態の特徴は、周期パターン露光のみでは一見消失する高解像度の露光パターンを通常の投影露光による露光装置の分解能以下の大きさのパターンを含む任意の形状の露光パターンと融合して所望の領域のみ選択的にレジストの露光しきい値以上露光し、最終的に所望のリソグラフィパターンを形成できるところにある。

【0054】図7(a)は通常の投影露光による露光パターンであり、露光装置の分解能以下の微細なパターンであるが解像できずに被露光物体上での強度分布はぼけて広がっている。

【0055】本実施形態では、通常の投影露光の解像度の約半分の線幅の微細パターンとしている。

【0056】図7(a)の露光パターンを作る投影露光を、図5の周期パターン露光の後に、現像工程なしで、同一レジストの同一領域に重ねて行くとすると、このレジストの合計の露光量分布は図7(b)の下部のグラフのようになる。尚、ここでは周期パターン露光の露光量 E_1 と投影露光の露光量 E_2 の比が1:1、レジストの露光しきい値 E_{th} が露光量 $E_1 (=1)$ と露光量 E_1 と投影露光の露光量 E_2 の和($=2$)の間に設定されている為、図7(b)の上部に示したリソグラフィパターンが形成される。その際通常露光パターンの中心が周期パターンのピークと合致させておく、図7(b)の上部に示す孤立線パターンは、解像度が周期パターン露光のものであり且つ単純な周期的パターンもない。従って通常の投影露光で実現できる解像度以上の高解像度のパターンが得られたことになる。

【0057】ここで仮に、図8の露光パターンを作る投影露光(図5の露光パターンの2倍の線幅で露光しきい値以上(ここではしきい値の2倍の露光量)の投影露光)を、図5の周期パターン露光の後に、現像工程なしで、同一レジストの同一領域に重ねる。その際通常露光のパターンの中心が、周期露光のピークと合致させることで、位置重ね合されたパターンの対称性が良く、良好な像が得られる。このレジストの合計の露光量分布は図8(b)のようになり、2光束干渉露光の露光パターンは消失して最終的に投影露光によるリソグラフィパターンのみが形成される。

【0058】また、図9に示すように図5の露光パターンの3倍の線幅で行う場合も理屈は同様であり、4倍以上の線幅の露光パターンでは、基本的に2倍の線幅の露光パターンと3倍の線幅の露光パターンの組み合わせから、最終的に得られるリソグラフィパターンの線幅は自明であり、投影露光で実現できるリソグラフィパターンは全て、本実施形態でも、形成可能である。

【0059】以上簡潔に説明した周期パターン露光と投影露光の夫々による露光量分布(絶対値及び分布)と感光基板のレジストのしきい値の調整を行うことにより、

図6、図7(b)、図8(b)、及び図9(b)で示したような多種のパターンの組み合わせより成り且つ最小線幅が周期パターン露光の解像度(図7(b)のパターン)となる回路パターンを形成することができる。

【0060】以上の露光方法の原理をまとめると、1. 投影露光をしないパターン領域即ちレジストの露光しきい値以下の周期露光パターンは現像により消失する。2. レジストの露光しきい値以下の露光量で行った投影露光のパターン領域に関しては投影露光と周期パターン露光のパターンの組み合わせにより決まる周期パターン露光の解像度を持つ露光パターンが形成される。3. 露光しきい値以上の露光量で行った投影露光のパターン領域は投影露光のみでは解像しなかった微細パターンも同様に(マスクに対応する)形成する。ということになる。更に露光方法の利点として、最も解像力の高い周期パターン露光を、2光束干渉露光で行なえば、通常の露光に比してはるかに大きい焦点深度が得られることが挙げられる。

【0061】以上の説明では周期パターン露光と投影露光の順番は周期パターン露光を先としたが、この順番に限定されない。

【0062】次に他の実施形態を説明する。

【0063】本実施形態は露光により得られる回路パターン(リソグラフィパターン)として、図10に示す所謂ゲート型のパターンを対象としている。

【0064】図10のゲートパターンは横方向の即ち図中A-A'方向の最小線幅が $0.1\mu\text{m}$ であるのに対して、縦方向では $0.2\mu\text{m}$ 以上である。本発明によれば、このような1次元方向のみ高解像度を求められる2次元パターンに対しては例えば2光束干渉露光による周期パターン露光をかかると高解像度の必要な1次元方向のみで行えばいい。

【0065】本実施形態では、図11を用いて1次元方向のみの2周期パターン露光と通常の投影露光の組み合わせの一例を示す。

【0066】図11において、図11(a))は1次元方向のみの2光束干渉露光による周期的な露光パターンを示す。この露光パターンの周期は $0.2\mu\text{m}$ であり、この露光パターンは線幅 $0.1\mu\text{m}$ L&Sパターンに相当する。図11の下部における数値は露光量を表すものである。

【0067】このような2光束干渉露光を実現する露光装置としては、図14で示すような、レーザ151、ハーフミラー152、平面ミラー1534による干渉計型の分波合波光学系を備えるものや、図15で示すような、投影露光装置においてマスクと照明方法を図16又は図17のように構成した装置がある。

【0068】図14の露光装置について説明を行なう。

【0069】図14の露光装置では前述した通り合波する2光束の夫々が角度 θ でウェハ154に斜入射し、ウェハ154に形成できる干渉縞パターン(露光パターンの)

線幅は前記(3)式で表される。角度 θ と分波合波光学系の像面側のNAとの関係は $NA=\sin\theta$ である。角度 θ は一对の平面ミラー153の夫々の角度を変えることにより任意に調整、設定可能で、一对の平面ミラー角度 θ の値を大きく設定すれば干渉縞パターンの夫々の縞の線幅は小さくなる。例えば2光束の波長が248nm (KrFエキシマ) の場合、 $\theta=38$ 度でも各縞の線幅は約 $0.1\mu\text{m}$ の干渉縞パターンが形成できる。尚、この時の $NA=\sin\theta=0.62$ である。角度 θ を38度よりも大きく設定すれば、より高い解像度が得られることは言うまでもない。

【0070】次に図15乃至図17の露光装置に関して説明する。

【0071】図15の露光装置は例えば通常の縮小投影光学系（多数枚のレンズより成る）を用いた投影露光装置であり、現状で露光波長248nmに対してNA0.6以上のものが存在する。

【0072】図15中、161はマスク、162はマスク161から出て光学系163に入射する物体側露光光、163は投影光学系、164は開口絞り、165は投影光学系163から出てウエハ166に入射する像側露光光、166は感光基板であるウエハを示し、167は絞り164の円形開口に相当する瞳面での光束の位置を一对の黒点で示した説明図である。図15は2光束干渉露光を行っている状態の模式図であり、物体側露光光162と像側露光光165は双方とも、図18の通常の投影露光とは異なり、2つの平行光線束だけから成っている。

【0073】図15に示すような通常の投影露光装置において2光束干渉露光を行うためには、マスクとその照明方法を図16又は図17のように設定すればよい以下これら3種の例について説明する。

【0074】図16はレベンソン型の位相シフトマスクを示しており、クロムより成る遮光部171のピッチPOが(4)式で0、位相シフト172のピッチPOSが(5)式で表わされるマスクである。

【0075】

$$P_o=P/M=\lambda/\{M(2NA)\} \quad \cdots \cdots (4)$$

$$P_{os}=2P_o=\lambda/M(NA) \quad \cdots \cdots (5)$$

ここで、Mは投影光学系163の投影倍率、 λ は露光波長、NAは投影光学系163の像側の開口数を示す。

【0076】一方、図16(b)が示すマスクは、クロムより成る遮光部のないシフトエッジ型の位相シフトマスクであり、レベンソン型と同様に位相シフト181のピッチPOSを上記(5)式を満たすように構成したものである。

【0077】図16(a)、(b)の夫々の位相シフトマスクを用いて2光束干渉露光を行なうには、これらのマスクを $\sigma=0$ （又は0に近い値）所謂コヒーレント照明を行なう。具体的には、マスク面に対して垂直な方向（光軸に平行な方向）から平行光線束をマスクに照射する。

【0078】このような照明を行なうと、マスクから上記垂直な方向に出る0次透過回折光に関しては、位相シフトにより隣り合う透過光の位相差が π となって打ち消し合い存在しなくなり、 ± 1 次の透過回折光の2平行光線束はマスクから投影光学系163の光軸に対して対称に発生し、図15の2個の物体側露光がウエハ上で干渉する。また2次以上の高次の回折光は投影光学系163の開口絞り164の開口に入射しないので結像には寄与しない。

【0079】図17に示したマスクは、クロムより成る遮光部の遮光部のピッチPOが、(4)式と同様の(6)式で表わされるマスクである。

【0080】

$$P_o=P/M=\lambda/\{(2NA)\} \quad \cdots \cdots (6)$$

ここで、Mは投影光学系163の投影倍率、 λ は露光波長、NAは投影光学系163の像側の開口数を示す。

【0081】図17の位相シフトを有していないマスクには、1個又は2個の平行光線束による斜入射照明とする。

この場合の平行光線束のマスクへの入射角 θ_o は、

(7)式を満たすように設定される。2個の平行光線束を用いる場合が、光軸を基準にして互いに逆方向に θ_o 傾いた平行光線束によりマスクを照明する。

$$\sin\theta_o=M/NA \quad \cdots \cdots (7)$$

ここでも、Mは投影光学系163の投影倍率、NAは投影光学系163の像側の開口数を示す。

【0083】図17が示す位相シフトを有していないマスクを上記(7)式を満たす平行光線束により斜入射照明を行なうと、マスクからは、光軸に対して角度 θ_o で直進する0次透過回折光とこの0次透過回折光の光路と投影光学系の光軸に関して対称な光路に沿って進む（光軸に対して角度 $-\theta_o$ で進む）-1次透過回折光の2光束が図15の2個の物体側露光光162として生じ、この2光束が投影光学系163の開口絞り164の開口部に入射し、結像が行なわれる。

【0084】尚、本発明においてはこのような1個又は2個の平行光線束による斜入射照明も「コヒーレント照明」として取り扱う。

【0085】以上が通常の投影露光装置を用いて2光束干渉露光を行う技術であり、図18に示したような通常の投影露光装置の照明光学系は部分的コヒーレント照明を行なうように構成してあるので、図18の照明光学系の $0<\sigma<1$ に対応する不図示の開口絞りを $\sigma=0$ に対応する特殊開口絞りに交換可能にする等して、投影露光装置において実質的にコヒーレント照明を行なうよう構成することができる。

【0086】図10及び図11が示す実施形態の説明に戻る。

【0087】本実施形態では前述した2光束干渉露光による周期パターン露光の次に行なう通常の投影露光（例えば図18の装置でマスクに対して部分的コヒーレント照明を行なうもの）によって図11(b)が示すゲートパ

ターンの露光を行う。図11 (b) の上部には2光束干渉露光による周期パターンとの相対的位置関係と通常の投影露光の露光パターンの領域での露光量を示し、同図の下部は、通常の投影露光によるウエハのレジストに対する露光量を縦横0.1 μ mピッチの分解能でマップ化したものである。

【0088】この投影露光による露光パターンの最小線幅の部分は解像せず広がり、露光量の各点の値は下がる、露光量はおおまかに、パターン中心部は大きく、両サイドは小さく、それぞれa, bで表わし、両側からのぼけ像がくる中央部をCとする。このような領域毎に露光量が異なる、多値の露光量分布を生じさせることになる。ここで、露光量は $1 < a < 2$ $0 < b < 1$ $0 < C < 1$ となる。このマスクを用いる場合の各露光での露光量比はウエハ（感光基板）上で、2光束干渉露光:投影露光=1:2である。

【0089】以上説明した周期パターン渉露光と通常の投影露光の組み合わせによって図10の微細回路パターンが形成される様子について述べる。本実施形態においては2光束干渉露光による周期パターン露光と通常の投影露光の間には現像過程はない。従って各露光の露光パターンが重なる領域での露光量は加算され、加算後の露光量（分布）により新たな露光パターンが生じることとなる。

【0090】図11 (c) の上部は本実施形態の図11 (a) の露光パターンと図11 (b) の露光パターンの露光量の加算した結果生じる露光量分布（露光パターン）を示しており、dで示される領域の露光量は $1 + a$ で2より大きく3未満である。図11 (c) の下部はこの露光パターンに対して現像を行った結果のパターンを灰色で示したものである。本実施形態ではウエハのレジストは露光しきい値が1より大きく2未満であるものを用いており、そのため現像によって露光量が1より大きい部分のみがパターンとして現れている。図11 (c) の下部に灰色で示したパターンの形状と寸法は図10に示したゲートパターンの形状と寸法と一致しており、本発明の露光方法によって、0.1 μ mといった微細な線幅を有する回路パターンが、部分的コヒーレント照明に基づく投影露光と2光束干渉露光とが投影露光装置を用いて、形成可能となった。

【0091】以上説明した露光方法及び露光装置を用いてIC、LSI等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD等の撮像素子といった各種デバイスの製造が可能である。

【0092】二重露光は以上説明した実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々に変更することが可能である。特に2光束干渉露光および通常露光の各ステップでの露光回数や露光量の段数は適宜選択することが可能であり、更に露光の重ね合わせもずらして行う等適宜調整することが可能であ

る。このような調整を行うことで形成可能な回路パターンにバリエーションが増える。

【0093】

【発明の効果】以上、本発明によれば、周期パターン露光と投影露光を短時間でこなせる。

【図面の簡単な説明】

【図1】二重露光方法のフローチャートである。

【図2】2光束干渉露光により得た周期パターン（露光パターン）を示す説明図である。

【図3】レジストの露光感度特性を示す説明図である。

【図4】現像によるパターン形成を示す説明図である。

【図5】通常の2光束干渉露光による周期パターン（露光パターン）を示す説明図である。

【図6】2光束干渉露光による周期パターン（露光パターン）を示す説明図である。

【図7】第1の実施形態において形成できる露光パターン（リソグラフィパターン）の一例を示す説明図である。

【図8】第1の実施形態において形成できる露光パターン（リソグラフィパターン）の他の一例を示す説明図である。

【図9】第1の実施形態において形成できる露光パターン（リソグラフィパターン）の他の一例を示す説明図である。

【図10】ゲートパターンを示す説明図である。

【図11】実施形態を示す説明図。

【図12】ゲートパターンを説明する図。

【図13】パターン形成過程を示す図。

【図14】周期パターン露光を行なうための2光束干渉用露光装置の一例を示す概略図である。

【図15】2光束干渉による周期パターン露光を行なう投影露光装置の一例を示す概略図である。

【図16】図16の装置に使用するマスクおよび照明方法の1例を示す説明図である。

【図17】図16の装置に使用するマスクおよび照明方法の他の1例を示す説明図である。

【図18】従来の投影露光装置を示す概略図である。

【図19】本発明の投影露光装置の一例を示す概略図である。

【符号の説明】

191 エキシマレーザ

192 照明光学系

194 マスク（レチクル）

224 マスク（レチクル）ステージ

225 マスク（レチクル）

226 マスク（レチクル）チェンジャ

196 投影光学系

198 ウエハ

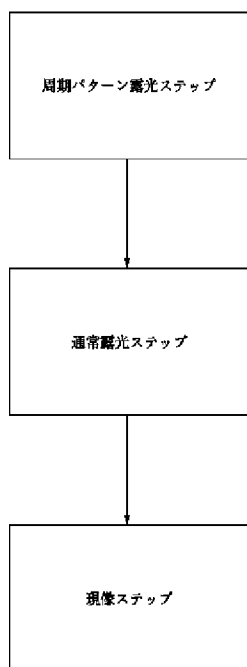
199 XYZステージ

301, 302 偏向部材

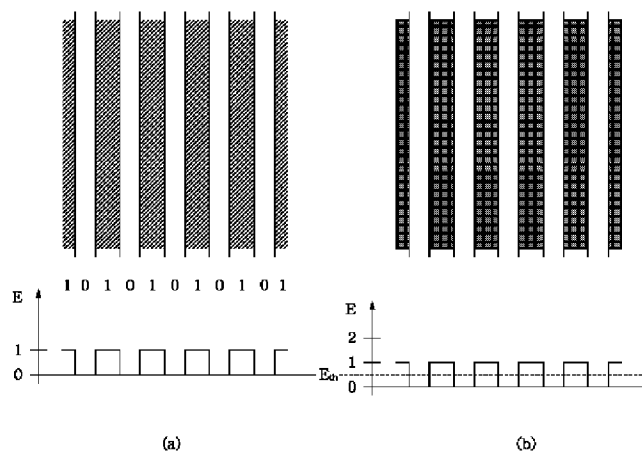
303, 304 平行レーザー光
305, 306 集光レンズ

307, 308 視野絞り

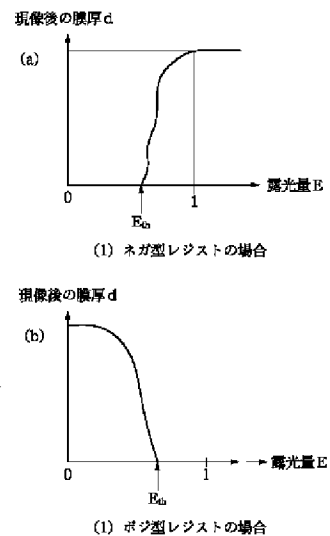
【図1】



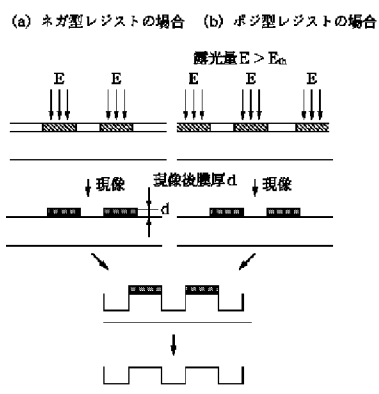
【図2】



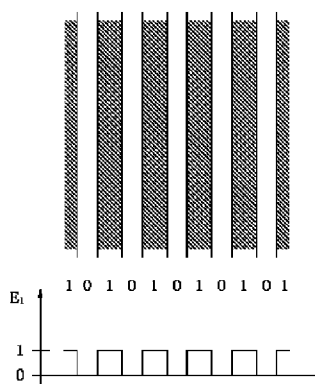
【図3】



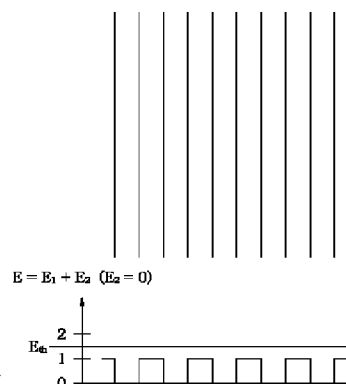
【図4】



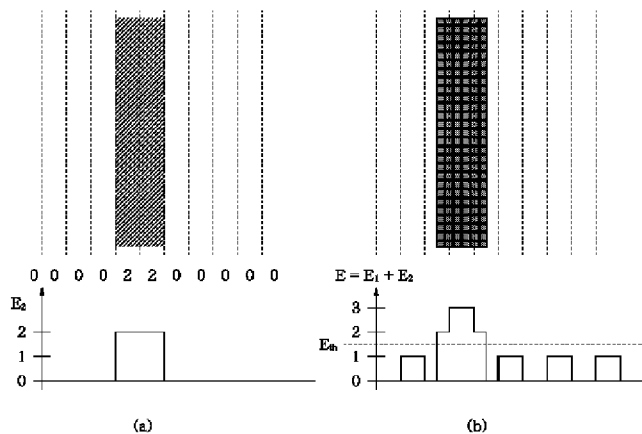
【図5】



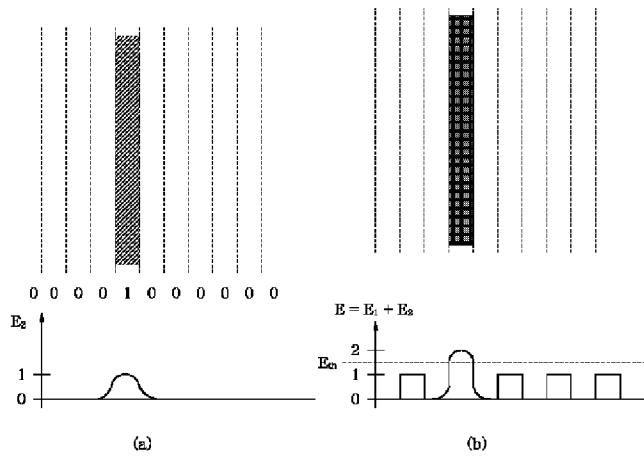
【図6】



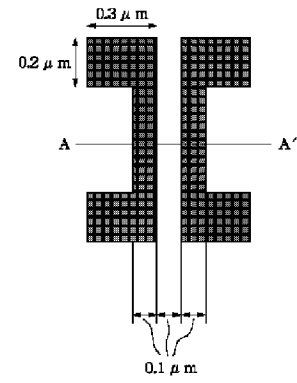
【図8】



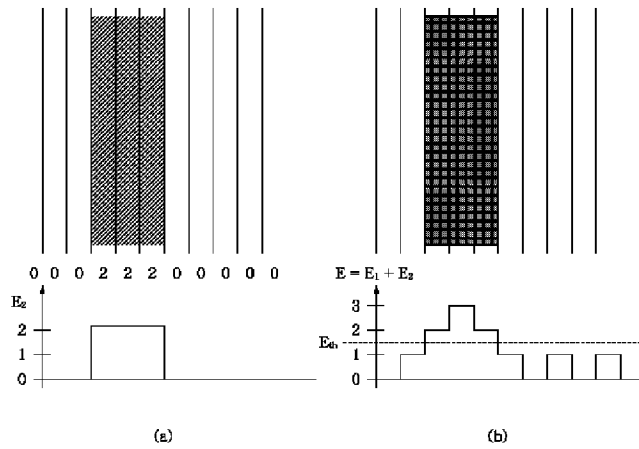
【図 7】



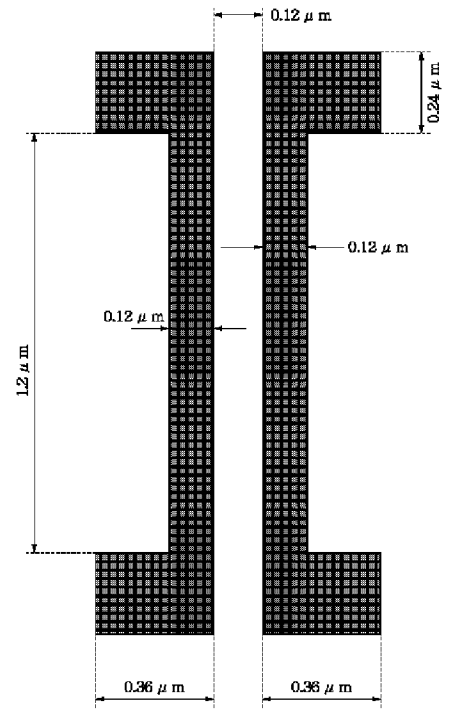
【図 10】



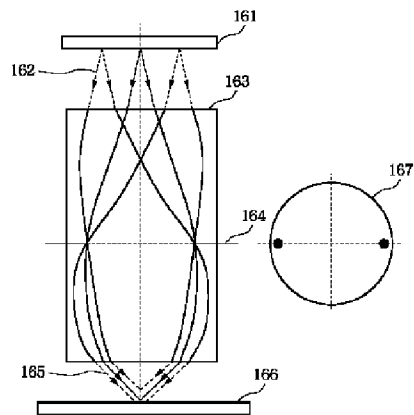
【図 9】



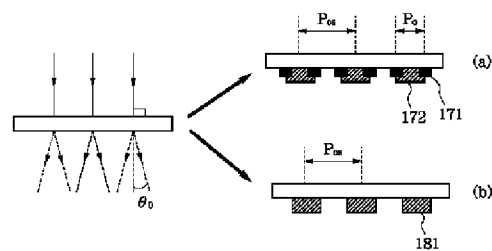
【図 12】



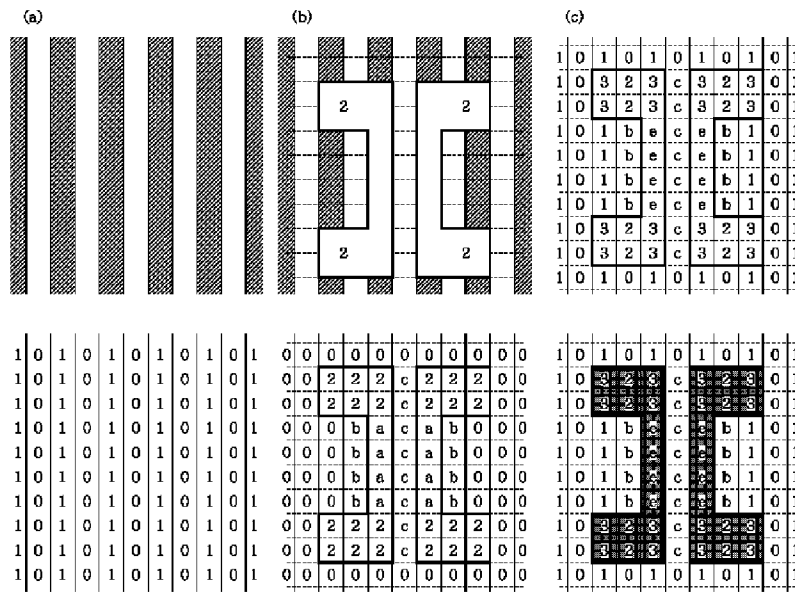
【図 15】



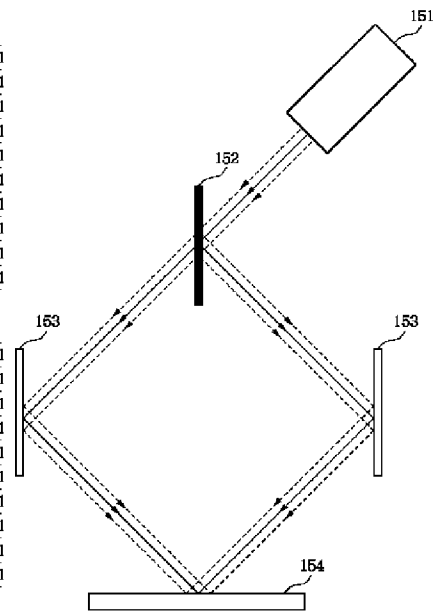
【図 16】



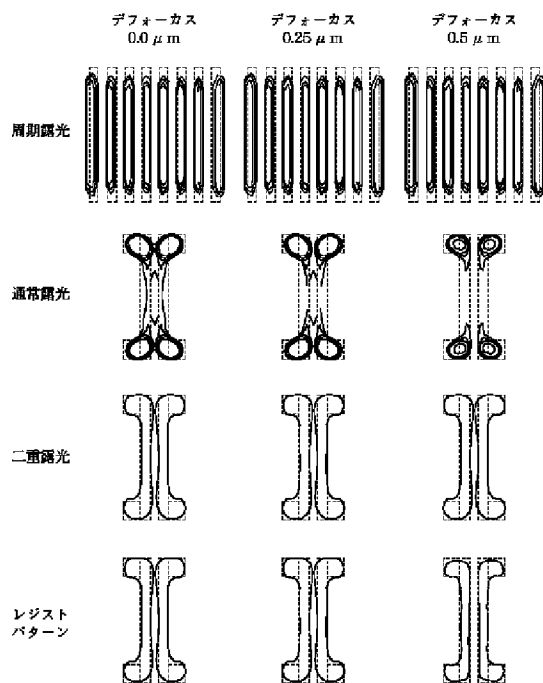
【図 1 1】



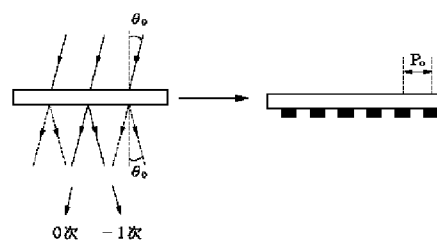
【図 1 4】



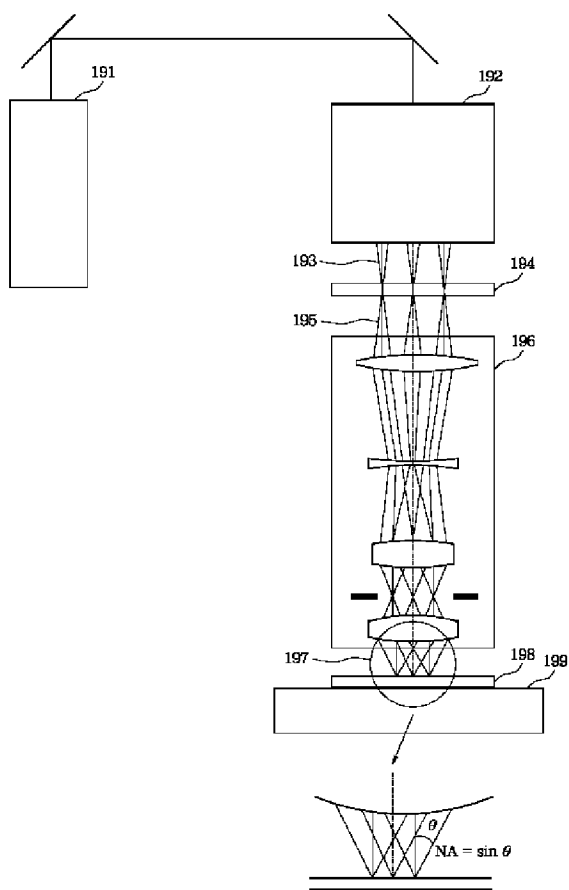
【図 1 3】



【図 1 7】



【図18】



【図19】

